

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-317671

(43)Date of publication of application : 16.11.1999

(51)Int.Cl.

H03M 7/30

H03M 7/46

(21)Application number : 10-136076

(71)Applicant : ADVANTEST CORP

(22)Date of filing : 30.04.1998

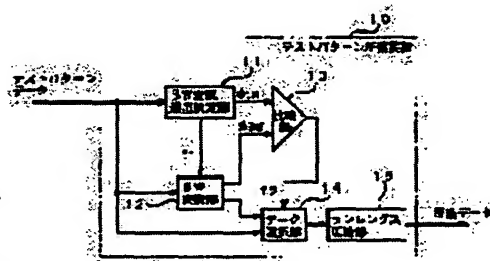
(72)Inventor : ISHIDA MASAHIRO

(54) DATA COMPRESSING DEVICE AND DATA COMPRESSING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a data compressing device which accelerates data compression processing and a data compressing method.

SOLUTION: A test pattern compressing device 10 includes a BW conversion application deciding part 11, a BW converting part 12, a comparing part 13, a data selecting part 14 and a run length compressing part 15. The part 11 measures the transition number of times of input data, decides to the effect that Burrows-Wheeler (BW) conversion processing is applied to the input data, when the measurement data is a prescribed value or less or decides to the effect that the conversion processing is not applied, when it is larger than the prescribed value. When the conversion processing is not applied, a conversion operation is not performed by the part 12 but run-length-coding processing is performed to the input data by the part 15.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-317671

(43) 公開日 平成11年(1999)11月16日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 3 M 7/30
7/46

H 0 3 M 7/30
7/46

Z

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平10-136076

(22) 出願日 平成10年(1998) 4 月30日

(71) 出願人 390005175

株式会社アドバンテスト

東京都練馬区旭町1丁目32番1号

(72) 発明者 石田 雅裕

東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会

社アドバンテスト内

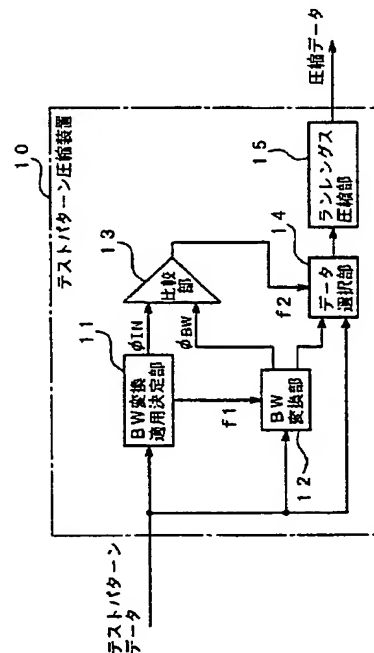
(74) 代理人 弁理士 雨貝 正彦

(54) 【発明の名称】 データ圧縮装置およびデータ圧縮方法

(57) 【要約】

【課題】 データ圧縮処理の高速化が可能なデータ圧縮装置およびデータ圧縮方法を提供すること。

【解決手段】 テストパターン圧縮装置10は、BW変換適用決定部11、BW変換部12、比較部13、データ選択部14、ランレングス圧縮部15を含んで構成されている。BW変換適用決定部11は、入力データの遷移回数を測定し、この測定値が所定値以下の場合に入力データに対してBurrows-Wheeler 変換処理を適用する旨を決定し、所定値より大きい場合にこの変換処理を適用しない旨を決定する。この変換処理が適用されない場合には、BW変換部12による変換動作は行われず、ランレングス圧縮部15によって入力データに対するランレングス符号化処理が行われる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力データに含まれる同一あるいは類似の文脈の記号を寄せ集める並べ替え動作を行う第1の並べ替え手段と、

前記入力データに対して前記第1の並べ替え手段によって並べ替え動作を行うことによりデータの遷移回数が減少するか否かを前記並べ替え動作を行うことなく判定し、減少する旨の判定を行ったときに前記第1の並べ替え手段による並べ替え動作の実施を決定し、減少しない旨の判定を行ったときに前記第1の並べ替え手段による並べ替え動作の中止を決定する並べ替え動作適用判定手段と、

前記第1の並べ替え手段による並べ替え動作が行われない場合には、対応する前記入力データを出力し、前記第1の並べ替え手段による並べ替え動作が行われた場合には、対応する前記入力データと前記第1の並べ替え手段によって並べ替えが行われた後のデータの中から遷移回数が少ない方を選択的に出力するデータ選択手段と、前記データ選択手段から出力されるデータに対してランレングス符号化処理を行うランレングス符号化手段と、を備えることを特徴とするデータ圧縮装置。

【請求項2】 請求項1において、前記第1の並べ替え手段は、Burrows-Wheeler変換処理によってデータの並べ替えを行うことを特徴とするデータ圧縮装置。

【請求項3】 請求項1または2において、前記入力データは、集積回路試験用のテストパターンデータであることを特徴とするデータ圧縮装置。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかにおいて、前記並べ替え動作適用判定手段は、前記並べ替え動作を行うことによりデータの遷移回数が減少するか否かの判定を、前記入力データの遷移回数に基づいて行うことを特徴とするデータ圧縮装置。

【請求項5】 請求項1～3のいずれかにおいて、前記並べ替え動作適用判定手段は、前記入力データに含まれる同一あるいは類似の文脈の記号を、前記文脈の長さを制限して寄せ集める並べ替え動作を行う第2の並べ替え手段と、前記第2の並べ替え手段によって並べ替え動作を行った後のデータの遷移回数に基づいて、前記入力データに対して前記第1の並べ替え手段によって並べ替え動作を行った後のデータの遷移回数を予測する第1の遷移回数予測手段と、を備え、前記第1の遷移回数予測手段によって予測した遷移回数に基づいて、前記第1の並べ替え手段によって並べ替え動作を行うことによりデータの遷移回数が減少するか否かの判定を行うことを特徴とするデータ圧縮装置。

【請求項6】 請求項5において、前記第2の並べ替え手段は、S変換処理によってデータ

の並べ替えを行うことを特徴とするデータ圧縮装置。

【請求項7】 請求項1～3のいずれかにおいて、前記並べ替え動作適用判定手段は、前記入力データのエントロピーを測定するエントロピー測定手段と、前記エントロピー測定手段によって測定されたエントロピーの値に基づいて、前記入力データに対して前記第1の並べ替え手段によって並べ替え動作を行った後のデータの遷移回数を予測する第2の遷移回数予測手段と、を備え、前記第2の遷移回数予測手段によって予測した遷移回数に基づいて、前記第1の並べ替え手段によって並べ替え動作を行うことによりデータの遷移回数が減少するか否かの判定を行うことを特徴とするデータ圧縮装置。

【請求項8】 データに含まれる同一あるいは類似の文脈の記号を寄せ集める第1の並べ替え処理と、ランレングス符号化処理とを組み合わせるデータ圧縮方法において、前記第1の並べ替え処理を行うことなく前記第1の並べ替え処理を行うことによってデータの遷移回数が減少するか否かを判定する第1のステップと、前記第1のステップにおいて前記遷移回数が減少する旨の判定がなされたときに、前記入力データに対して実際に前記第1の並べ替え処理を行う第2のステップと、前記第2のステップにおいて前記第1の並べ替え処理が行われたときに、前記第1の並べ替え処理によって得られるデータの遷移回数と前記入力データの遷移回数とを比較して遷移回数が少ないデータを選択的に出力し、前記第1のステップにおいて前記遷移回数が減少しない旨の判定がなされたときに前記入力データを出力する第3のステップと、前記第3のステップにおいて出力されたデータに対して前記ランレングス符号化処理を行う第4のステップと、を有することを特徴とするデータ圧縮方法。

【請求項9】 請求項8において、前記第2のステップで行われる前記第1の並べ替え処理は、Burrows-Wheeler変換処理であることを特徴とするデータ圧縮方法。

【請求項10】 請求項8または9において、前記入力データは、集積回路試験用のテストパターンデータであることを特徴とするデータ圧縮方法。

【請求項11】 請求項8～10のいずれかにおいて、前記入力データの遷移回数に基づいて、前記第1のステップによる判定動作を行うことを特徴とするデータ圧縮方法。

【請求項12】 請求項8～10のいずれかにおいて、前記入力データに含まれる同一または類似の文脈の記号を前記文脈の長さを制限して寄せ集める第2の並べ替え処理を行う第5のステップと、前記第5のステップにおいて行われる前記第2の並べ替

10

20

30

40

50

え処理によって得られるデータの遷移回数に基づいて、前記第1の並べ替え処理によって得られるデータの遷移回数を予測する第6のステップと、
 をさらに有し、前記第6のステップにおいて予測された前記遷移回数に基づいて、前記第1のステップによる判定動作を行うことを特徴とするデータ圧縮方法。

【請求項13】 請求項12において、
 前記第5のステップで行われる前記第2の並べ替え処理は、S変換処理であることを特徴とするデータ圧縮方法。

【請求項14】 請求項8～10のいずれかにおいて、
 前記入力データのエントロピーを測定する第7のステップと、
 前記第7のステップにおいて測定された前記エントロピーの値に基づいて、前記第1の並べ替え処理によって得られるデータの遷移回数を予測する第8のステップと、
 をさらに有し、前記第8のステップにおいて予測された前記遷移回数に基づいて、前記第1のステップによる判定動作を行うことを特徴とするデータ圧縮方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、集積回路試験で用いられるテストパターンデータ等の圧縮処理を行うデータ圧縮装置およびデータ圧縮方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、集積回路試験のための膨大なテストパターンデータの圧縮を行う手法として、Burrows-Wheeler 変換処理とランレングス符号化処理とを組み合わせるデータの圧縮を行う手法が知られている。

【0003】Burrows-Wheeler 変換（以後、「BW変換」と称する）については、例えばBurrows M. and Wheeler D., "A Block-sorting Lossless Data Compression Algorithm," SRC Research Report 124, Digital Systems Research Center, Palo Alto, CA, May 1994 に記載されている。このBW変換は、入力データに含まれる同一の文脈あるいは類似した文脈の記号を寄せ集める並べ替え動作を行うものである。ここで、「文脈」とは、入力データから任意に取り出したデータ列を表す。例えば、入力データが文字データである場合には、文脈は入力文字列から任意に取り出した文字列を表す。入力データ列が十分に長いとき、BW変換によって同一の記号が寄せ集められ、BW変換されたデータの遷移回数が元の入力データの遷移回数よりも小さくなる。ここで、「遷移回数」とは、データ列において隣り合う2つのデータが0から1、1からXのように変化する回数を表す。このため、BW変換されたデータは、ランレングス符号化と組み合わせることによって効率よくデータの圧縮を行うことが可能となる。

【0004】具体的には、入力データをBW変換し、元の入力データの遷移回数とBW変換された後のデータの

遷移回数とを比較し、より遷移回数が少ないデータに対してランレングス符号化を用いることによりテストパターンデータの圧縮が行われる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来のデータ圧縮方法において、あるデータをBW変換した後の遷移回数を正確に知ることは不可能であり、BW変換によって遷移回数が減少するかどうかを確認するために入力データを一度BW変換しているが、BW変換の処理速度は非常に低速であるため、データ圧縮処理に多くの時間がかかっていた。

【0006】特に、集積回路の集積度が向上するにつれて、集積回路を試験するテストパターンのデータサイズは年々増大しつづけている。また、集積回路のASIC (Application Specific Integrated Circuit) 化によって、集積回路の少量多品種化が進み、これに対応してテストパターンの種類も多くなる。このため、多くのテストパターンを実用的な処理時間で圧縮するために、より高速なテストパターン圧縮手法が望まれていた。

【0007】本発明は、このような点に鑑みて創作されたものであり、その目的は、データ圧縮処理の高速化が可能なデータ圧縮装置およびデータ圧縮方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、本発明のデータ圧縮装置およびデータ圧縮方法では、入力データに含まれる同一あるいは類似の文脈の記号を寄せ集める並べ替え処理を行ったときにデータの遷移回数が減少するかどうかを、実際に並べ替え処理を行うことなくあらかじめ判定し、減少しないと判断した場合にこの並べ替え処理を中止する。したがって、並べ替え処理の対象となる入力データの数を減らすことができ、データ圧縮処理の高速化が可能となる。

【0009】特に、上述した並べ替え動作をBurrows-Wheeler 変換処理によって行うことが好ましい。また、集積回路試験用のテストパターンデータを圧縮対象とすることが好ましい。Burrows-Wheeler変換は、データ列の並べ替えに多くの時間を要するため、全ての入力データに対してこの並べ替え処理を行うのではなく、データの遷移回数が並べ替え処理を行ったときに減少しない入力データに対してはこの並べ替え処理を中止することによる処理時間短縮の効果が大きい。また、集積回路試験用のテストパターンは、ビットデータ '1' と '0' とが組合わさった膨大なデータであり、並べ替えによって同一のビットデータを連続して並べることができれば、その後に行われるランレングス符号化と組み合わせることにより、圧縮によってデータ量を大幅に減らすことができる。

【0010】また、データの遷移回数が減少するかどうかについての上述した判定動作は、入力データの遷移回数

に基づいて行うことが好ましい。入力データの遷移回数が少ない場合には、並べ替え処理を行ってもその遷移回数がさらに低減されることが期待できないため、このような場合には並べ替え処理を中止してもデータの圧縮率に影響がなく、並べ替え動作を中止した分だけデータ圧縮処理の高速化が可能となる。

【0011】また、データの遷移回数が減少するか否かについての上述した判定動作は、入力データに対して文脈の長さを制限して同一あるいは類似の文脈の記号を寄せ集める並べ替え動作（例えばS変換処理によるデータ並べ替え動作）を行った結果に基づいて行うことが好ましい。文脈の長さを制限した並べ替え処理によって得られたデータの遷移回数と文脈の長さを制限しない並べ替え処理によって得られたデータの遷移回数とは相関があるため、高速処理が可能な文脈を制限した並べ替え処理を行うことによって、文脈の長さを制限しない並べ替え処理によってデータの遷移回数が減少するか否かが判定でき、この判定結果に応じて文脈の長さを制限しない並べ替え処理を適宜中止することにより、不必要な並べ替え処理をほぼ正確に排除してデータ圧縮処理の大幅な高速化が可能になる。

【0012】また、データの遷移回数が減少するか否かについての上述した判定動作は、入力データのエントロピーの値に基づいて行うことが好ましい。入力データのエントロピーは、入力データ中で各記号が出現する確率を全記号について平均化したものに負号をつけたものであり、このエントロピーの大小と入力データに対して並べ替え処理を行った後のデータの遷移回数との間には相関があるため、このエントロピーを測定することによりデータ並べ替えによってデータの遷移回数が減少するか否かが判定でき、この判定結果に応じて文脈の長さを制限しない並べ替え処理を適宜中止することにより、不必要なデータ並べ替え処理をほぼ正確に排除してデータ圧縮処理の大幅な高速化が可能になる。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明を適用した一実施形態のテストパターン圧縮装置は、入力されたテストパターンデータに対して、BW変換を適用すべきかどうかを高速な手段を用いて決定し、BW変換によって遷移回数が減少しない入力データへのBW変換の適用を中止することによって、圧縮の対象となるテストパターンを高速に圧縮することに特徴がある。以下、本発明を適用した一実施形態のテストパターン圧縮装置の詳細について、図面を参照しながら説明する。

【0014】（第1の実施形態）図1は、本発明を適用した第1の実施形態のテストパターン圧縮装置の構成を示す図である。同図に示すように、本実施形態のテストパターン圧縮装置10は、BW変換適用決定部11、BW変換部12、比較部13、データ選択部14、ランレングス圧縮部15を含んで構成されている。

【0015】BW変換適用決定部11は、入力データの遷移回数 ϕ_{1n} を測定し、この遷移回数 ϕ_{1n} に基づいて、入力データにBW変換を適用するかどうかを決定する。具体的には、遷移回数 ϕ_{1n} が所定値以下の場合に、入力データに対してBW変換を適用する旨が決定され、フラグf1に1がセットされる。反対に、遷移回数 ϕ_{1n} が所定値より大きい場合に、入力データに対してBW変換を適用しない旨が決定され、フラグf1に0がセットされる。例えば所定値が1に設定されている場合を考える

10

と、入力データの遷移回数 ϕ_{1n} が所定値以下、すなわち0または1の場合には、遷移回数が既に下限値であるため、BW変換によって遷移回数を低減することは望めない。したがって、このような遷移回数を有する入力データに対してBW変換を行う必要はなく、BW変換を行わない旨の決定がなされる。

【0016】BW変換部12は、BW変換適用決定部11によってBW変換を適用する旨の決定がなされたときに、入力データに対してBW変換を行うとともに、このBW変換後のデータの遷移回数 ϕ_{2n} を測定する。比較部13は、BW変換適用決定部11によって得られた入力データの遷移回数 ϕ_{1n} と、BW変換部12によって得られたBW変換後のデータの遷移回数 ϕ_{2n} とを比較する。 $\phi_{1n} > \phi_{2n}$ の場合にはフラグf2に1がセットされ、 $\phi_{1n} \leq \phi_{2n}$ の場合にはフラグf2に0がセットされる。

20

【0017】データ選択部14は、入力データとこれをBW変換した後のデータとが入力されており、比較部13による比較結果に基づいて、より遷移回数の小さなデータを選択する。具体的には、比較部13によってセットされたフラグf2が1の場合にはBW変換されたデータが選択され、フラグf2が0の場合には入力データが選択される。ランレングス圧縮部15は、データ選択部14によって選択されたデータに対してランレングス符号化によるデータ圧縮を行う。

30

【0018】上述したBW変換適用決定部11が並べ替え動作適用判定手段に、BW変換部12が第1の並べ替え手段に、データ選択部14がデータ選択手段にそれぞれ対応する。

【0019】次に、本実施形態のテストパターン圧縮装置10を用いてテストパターンの圧縮を行う場合の動作を説明する。テストパターン圧縮装置10は、所定のサイズLのデータを一つの入力単位として各種の処理を行っており、Lより大きなデータについては、あらかじめサイズLの複数のサブデータに分割され、この分割された各サブデータがテストパターン圧縮装置10に入力される。

40

【0020】図2は、本実施形態のテストパターン圧縮装置10において行われるテストパターンの圧縮動作の動作手順を示す流れ図である。まず、BW変換適用決定部11は、入力されたテストパターンデータの遷移回数 m を測定して、（ステップ101）、入力データへのB

50

W変換の適用を決定する(ステップ102)。入力データにBW変換を適用するときはフラグf1に1が、適用しないときはフラグf1に0がそれぞれ設定される。

【0021】次に、BW変換部12は、フラグf1が1であるか否かを判定する(ステップ103)。フラグf1が1の場合には、BW変換部12は、入力データに対してBW変換処理を行った後に(ステップ104)、BW変換されたデータの遷移回数nを測定してその測定値を ϕ_{1n} にセットする(ステップ105)。一方、フラグf1が0の場合には、BW変換部12は、 ϕ_{1n} に遷移回数の上限值である入力データサイズLをセットする(ステップ106)。

【0022】次に、比較部13は、 ϕ_{1n} と ϕ_{2n} の値を比較し、比較結果に基づいてフラグf2をセットする(ステップ107)。具体的には、比較部13は、 $\phi_{1n} \leq \phi_{2n}$ の場合にフラグf2に0を、 $\phi_{1n} > \phi_{2n}$ の場合にフラグf2に1をセットする。次に、データ選択部14は、フラグf2が1であるか否かを判定し(ステップ108)、フラグf2が1の場合にはBW変換されたデータを選択し(ステップ109)、フラグf2が0の場合には入力データを選択する(ステップ110)。

【0023】次に、ランレングス圧縮部15は、データ選択部14によって選択されたデータに対して、ランレングス符号化を用いた圧縮処理を行って(ステップ111)、圧縮データを出力し(ステップ112)、一連のデータ圧縮処理が終了する。なお、圧縮されたデータを元のテストパターンデータに伸張するために、ランレングス圧縮部15から出力された圧縮データには、ランレングス符号化された圧縮データがBW変換されたものであるか否かを示すフラグf2が付加されている。

【0024】このようにして、本実施形態のテストパターン圧縮装置10によって圧縮されたデータは、この圧縮データに付加されたフラグf2が1の場合には、ランレングス復号化した後にBW逆変換を行うことによって完全に元のテストパターンデータに伸張することができ、フラグf2が0の場合には、ランレングス復号化のみを行うことによって完全に元のテストパターンデータに伸張することができる。

【0025】次に、データ圧縮に際して行われるBW変換処理およびランレングス符号化処理と、データ伸張に際して行われるランレングス復号化処理および逆BW変換処理について、具体例に基づいて説明する。

【0026】図3は、BW変換部12において行われるBW変換処理の動作手順を示す流れ図である。まず、BW変換部12は、入力文字列Sを取得し、入力文字列のサイズ(長さ)をnにセットする(ステップ201)。以下では、例えばn=6とした6文字の入力文字列Sとして'abraca'を用いて説明する。

【0027】次に、BW変換部12は、取得した入力文字列Sに対応するn個の循環文字列(サイクリックにシ

フトした文字列)を生成する(ステップ202)。循環文字列とは、図4(A)に示すように、文字列の最初の文字をサイクリックに最後尾に移動した文字列をいう。ここで用いた文字列S('abraca')の例では、図4(B)に示すように、6つの循環文字列が得られる。

【0028】次に、BW変換部12は、ステップ202で得られた6つの循環文字列を、辞書に登録する順番に並べ替えて行列Mを作成する(ステップ203)。S='abraca'の例では、はじめに'aa'、次に'ab'、つづいて'ac'というように、図5に示すように並べ替えられる。

【0029】次に、BW変換部12は、作成された行列Mに基づいて、行列Mの最後列から得られる最終文字列Lと、入力文字列Sに等しい行番号Iを取得する(ステップ204、205)。S='abraca'の例では、図6に示すように、L='caraab'、I=2が得られる。

【0030】以上のように、S='abraca'という文字列が最終文字列L='caraab'と行番号I=2というデータに変換される。最後に、BW変換部12は、このBW変換されたデータを出力し(ステップ206)、処理を終了する。

【0031】図7は、ランレングス圧縮部15において行われるランレングス符号化処理の動作手順を示す流れ図である。まず、ランレングス圧縮部15は、入力文字列から1文字データを取得してchにセットし(ステップ301)、ランレングス符号を生成するための記号の初期値initialにこの取得した文字chをセットして、カウント数iを0にリセットする(ステップ302)。

【0032】次に、ランレングス圧縮部15は、入力データから次の1文字を取得してchにセットし(ステップ303)、カウント数iに1を加算して文字数をカウントアップする(ステップ304)。また、ランレングス圧縮部15は、取得した文字chと初期値initialとが一致しているか否かを判定し(ステップ305)、一致している場合には、入力データが残っているか否かを判定する(ステップ306)。残っている場合には、上述したステップ303以降の処理が繰り返される。

【0033】また、文字chと初期値initialとが一致していない場合(ステップ305において否定判断された場合)、あるいは入力データが残っていない場合(ステップ306において否定判断された場合)には、次にランレングス圧縮部15は、初期値initialと得られたカウント数iを用いて符号化処理を行う(ステップ307)。その後、ランレングス圧縮部15は、入力データが残っているか否かを判定し(ステップ308)、入力データが残っている場合には上述した

ステップ302以降の処理を繰り返し、入力データが残っていない場合には、圧縮データを出力し（ステップ309）、処理を終了する。

【0034】図8は、ランレングス復号化処理の動作手順を示す流れ図であり、例えば図示しないランレングス復号化部によってランレングス符号を伸張して元の文字列を得る場合の動作手順が示されている。まず、ランレングス復号化部は、圧縮データからランレングス符号を一つ取得し（ステップ401）、ランレングス符号から初期値 *initial* と文字の連続回数 *n* を取得する（ステップ402）。次に、ランレングス復号化部は、初期値 *initial* を連続回数 *n* だけコピー（ステップ403）した後、ランレングス符号が残っているかを判定し（ステップ404）、残っている場合には上述したステップ401以降の処理を繰り返す。また、ランレングス符号が残っていない場合には、ランレングス復号化部は、伸張されたデータを出力して（ステップ405）、処理を終了する。

【0035】図9は、逆BW変換処理の動作手順を示す流れ図であり、例えば図示しない逆BW変換部によって逆BW変換を行う場合の動作手順が示されている。以下では、上述したBW変換の説明で用いた最終文字列 *L* = 'caraab'、行番号 *l* = 2 の例を用いて説明を行うものとする。まず、逆BW変換部は、変換データを取得し、変換データから得られる最終文字列 *L* と行番号 *l*、文字列の長さ *n* をセットする（ステップ501）。上述した例では、*L* = 'caraab'、*l* = 2、*n* = 6 が設定される。

【0036】次に、逆BW変換部は、取得した最終文字列 *L* の文字を並べ替えて文字列 *F* を生成する（ステップ502）。*L* = 'caraab' の例では、文字列 *F* として 'aaabcr' が生成される。また、逆BW変換部は、最終文字列 *L* と文字列 *F* の *i* 番目の各文字 *L*

[*i*]、*F* [*i*] の対応を示す行列 *T* を作成する（ステップ503）。ここで、*T* は *L* [*T* [*i*]] = *F* [*i*] を満たす行列である。また、もし最終文字列 *L* の中で同じ文字 *ch* が使われている場合には、最終文字列 *L* における *ch* が文字列 *F* における *ch* と同じ順序となるようにそれぞれを対応させる。したがって、*L* = 'caraab'、*F* = 'aaabcr' の例では、図10に示すように、*T* = [245613] と得られる。

【0037】次に、逆BW変換部は、カウント数 *i* を0にリセットした後（ステップ504）、カウント数 *i* に1を加算し（ステップ505）、文字列 *F*、行番号 *l*、行列 *T* から元の入力文字列 *S* の *i* 番目の文字 *S* [*i*] を復元して出力する（ステップ506、507）。ここで、*S* [*i*] は *S* [*i*] = *F* [*T*^{*l-1*} [*i*]]、*T*^{*0*} [*i*] = 1、*T*^{*l-1*} [*i*] = *T* [*T*^{*l-1*} [*i*]] で表される。

【0038】次に、逆BW変換部は、入力文字列 *S* の復

元されていない文字があるか、すなわち、*i* < *n* を満たすか否かを判定し（ステップ508）、復元されていない文字が残っている場合（*i* < *n* を満たす場合）には上述したステップ505以降の処理を繰り返し、最後の文字まで復元されている場合（*i* = *n* の場合）には処理を終了する。ここで用いた例では、図11に示すように、*S* [*1*] = 'a'、*S* [*2*] = 'b'、*S* [*3*] = 'r'、*S* [*4*] = 'a'、*S* [*5*] = 'c'、*S* [*6*] = 'a' となる。したがって、もとの入力文字列 *S* = 'abra ca' が復元される。

【0039】このように、本実施形態のテストパターン圧縮装置10では、圧縮対象となるテストパターンデータが入力されたときに、入力データの全てに対してBW変換を行うのではなく、遷移回数が所定値より少なく、BW変換によってデータ圧縮が期待できない入力データに対してはBW変換を行わずに、入力データに対して直接ランレングス符号化処理を行っている。したがって、比較的時間のかかるBW変換の回数を減らすことができ、テストパターン圧縮装置10全体におけるデータ圧縮処理の高速化が可能になる。

【0040】〔第2の実施形態〕上述した第1の実施形態のテストパターン圧縮装置10では、入力データの遷移回数に基づいてBW変換を行うか否かを決定したが、この入力データの遷移回数がある程度大きな値になると、遷移回数だけではBW変換によってデータの遷移回数が減少するのが増加するのかわからないため、入力データの遷移回数以外の情報に基づいてBW変換を行うか否かを決定するようにしてもよい。

【0041】図12は、本発明を適用した第2の実施形態のテストパターン圧縮装置の構成を示す図である。同図に示すように、本実施形態のテストパターン圧縮装置10Aは、BW変換適用決定部20、BW変換部12、比較部13、データ選択部14、ランレングス圧縮部15を含んで構成されている。このテストパターン圧縮装置10Aは、図1に示したBW変換適用決定部11をBW変換適用決定部20に置き換えた構成を有している。BW変換適用決定部20は、入力データに対してS変換処理を行い、その結果に基づいてBW変換を行うか否かを決定しており、遷移回数測定部21、S変換部22、遷移回数計算部23、比較部24を含んで構成されている。

【0042】S変換は、BW変換から派生した高速な変換アルゴリズムであり、Michael Schindlerによって発表された。例えばM.Schindler, "A Fast Block-sorting Algorithm for Lossless Data Compression," Data Compression Conference 1996, Snowbird Utah, March 1996 に記載されている。このS変換は、ソーティングにおける文字列（文脈）の長さを制限することによって、変換の処理速度を向上させたものである。S変換の具体的な内容については後述する。

【0043】遷移回数測定部21は、入力データの遷移回数 ϕ_{1n} を測定する。S変換部22は、入力データをS変換し、S変換後のデータの遷移回数 ϕ_s を測定する。遷移回数計算部23は、S変換部22によって測定された遷移回数 ϕ_s に基づいて、BW変換後の遷移回数を計算する。一般に、S変換後のデータの遷移回数 ϕ_s は、文脈の長さを制限したために、BW変換後の遷移回数 ϕ_{sn} より大きくなる。したがって、S変換後のデータの遷移回数 ϕ_s は、BW変換後のデータの遷移回数 ϕ_{sn} に所定の定数 $k (> 1)$ を乗算することにより得ることができる。なお、この定数 k は、多くのデータに対して行った、BW変換後の遷移回数 ϕ_{sn} とS変換後の遷移回数 ϕ_s との比較結果($\phi_s = k \times \phi_{sn}$)から統計的に得ることが好ましい。例えば、S変換後の平均の遷移回数がBW変換後の平均の遷移回数の2倍であるデータに対しては、 $k = 2$ となる。

【0044】比較部24は、遷移回数測定部21によって測定された入力データの遷移回数 ϕ_{1n} と、遷移回数計算部23によって計算されたBW変換後のデータの遷移回数 ϕ_s/k とを比較し、この比較結果に基づいてフラグf1に1あるいは0をセットする。 $\phi_{1n} > \phi_s/k$ の場合にはフラグf1に1がセットされ、 $\phi_{1n} \leq \phi_s/k$ の場合にはフラグf1に0がセットされる。

【0045】なお、BW変換適用決定部20以外の各構成部は、対応する第1の実施形態の各構成と基本的に同じ動作を行っている。すなわち、BW変換部12は、BW変換適用決定部20によってフラグf1が1にセットされたときに、入力データに対してBW変換を行うとともに、このBW変換後のデータの遷移回数 ϕ_{sn} を測定する。また、比較部13は、入力データの遷移回数 ϕ_{1n} とBW変換後のデータの遷移回数 ϕ_{sn} とを比較し、データ選択部14は、この比較結果に基づいて入力データとBW変換後のデータのいずれかを選択的に出力する。そして、ランレングス圧縮部15は、データ選択部14から出力されたデータに対してランレングス符号化を行ってデータを圧縮する。

【0046】上述したBW変換部12が第1の並べ替え手段に、データ選択部14がデータ選択手段に、BW変換適用決定部20が並べ替え動作適用判定手段に、S変換部22が第2の並べ替え手段に、遷移回数計算部23が第1の遷移回数予測手段にそれぞれ対応する。

【0047】次に、本実施形態のテストパターン圧縮装置10Aを用いてテストパターンの圧縮を行う場合の動作を説明する。テストパターン圧縮装置10Aは、所定のサイズLのデータを一つの入力単位として各種の処理を行っており、Lより大きなデータについては、あらかじめサイズLの複数のサブデータに分割され、この分割された各サブデータがテストパターン圧縮装置10Aに入力される。

【0048】図13は、本実施形態のテストパターン圧

縮装置10Aにおいて行われるテストパターンの圧縮動作の動作手順を示す流れ図である。まず、遷移回数測定部21は、入力されたテストパターンデータの遷移回数 m を測定してその値を ϕ_{1n} にセットする(ステップ601)。また、S変換部22は、入力データに対してS変換処理を行った後に(ステップ602)、S変換されたデータの遷移回数 t を測定し、その値を ϕ_s にセットする(ステップ603)。S変換処理では、並べ替える文脈の長さを任意に設定できるが、ここで用いる文脈長Nは、ある固定値でもよいし、外部から入力して任意の値に設定することもできる。

【0049】次に、遷移回数計算部23は、S変換後のデータの遷移回数 ϕ_s と定数 k を用いてBW変換後の遷移回数の見積もり値(予測値)を計算し、その計算結果 ϕ_s/k を ϕ にセットする(ステップ604)。ここで、定数 k は、ある固定値でもよいし、外部から入力して任意の値に設定することもできる。次に、比較部24は、入力データの遷移回数 ϕ_{1n} と、遷移回数計算部23によって見積もったBW変換後のデータの遷移回数 $\phi (= \phi_s/k)$ とを比較し、比較結果に基づいてフラグf1をセットする(ステップ605)。具体的には、比較部24は、 $\phi_{1n} \leq 1$ または $\phi_{1n} \leq \phi_s/k$ の場合にフラグf1に0を、 $\phi_{1n} > \phi_s/k$ の場合にフラグf1に1をセットする。

【0050】次に、BW変換部12は、上述したフラグf1が1にセットされているか否かを判定し(ステップ606)、フラグf1が1の場合には入力データに対してBW変換処理を行った後に(ステップ607)、BW変換されたデータの遷移回数 n を測定してその値を ϕ_{sn} にセットする(ステップ608)。一方、フラグf1が0の場合には、BW変換部12は、 ϕ_{sn} に遷移回数の上限値である入力データサイズLをセットする(ステップ609)。

【0051】次に、比較部13は、 ϕ_{1n} と ϕ_{sn} の値を比較し、比較結果に基づいてフラグf2をセットする(ステップ610)。具体的には、比較部13は、 $\phi_{1n} \leq \phi_{sn}$ の場合にフラグf2に0を、 $\phi_{1n} > \phi_{sn}$ の場合にフラグf2に1をセットする。次に、データ選択部14は、フラグf2が1であるか否かを判定し(ステップ611)、フラグf2が1の場合にはBW変換されたデータを選択し(ステップ612)、フラグf2が0の場合には入力データを選択する(ステップ613)。

【0052】次に、ランレングス圧縮部15は、データ選択部14によって選択されたデータに対して、ランレングス符号化を用いた圧縮処理を行って(ステップ614)、圧縮データを出力し(ステップ615)、一連のデータ圧縮処理が終了する。なお、圧縮されたデータを元のテストパターンデータに伸張するために、ランレングス圧縮部15から出力される圧縮データには、ランレングス符号化された圧縮データがBW変換されたもので

あるか否かを示すフラグf2が付加されている。

【0053】このようにして本実施形態のテストパターン圧縮装置10Aによって圧縮されたデータは、第1の実施形態のテストパターン圧縮装置10から出力される圧縮データと同様に、圧縮データに付加されたフラグf2が1の場合には、ランレングス復号化した後BW逆変換を行うことによって完全に元のテストパターンデータに伸張でき、フラグf2が0の場合には、ランレングス復号化のみを行うことによって完全に元のテストパターンデータに伸張できる。

【0054】次に、データ圧縮に際して行われるS変換処理について、具体例に基づいて説明する。図14は、S変換部22において行われるS変換処理の動作手順を示す流れ図である。まず、S変換部22は、入力文字列Sを取得し、入力文字列のサイズ(長さ)をnにセットする(ステップ701)。以下では、例えばn=6とした6文字の入力文字列Sとして'abaaabc'を用いて説明する。

【0055】次に、S変換部22は、取得した入力文字列Sのn個の文字と、それらの文字の直後の文脈を列挙する(ステップ702)。ここで、列挙する文脈の長さは任意に設定することができ、以下では例えば文脈の長さを2とした場合を考えるものとする。また、文脈とは、入力文字列Sから任意かつ循環的に取り出した文字列をいい、文字列S('abaaabc')の例では、図15に示すように、6つの文字とこれらの直後の6つの文脈が得られる。

【0056】次に、S変換部22は、ステップ702で得られた6つの文脈を、辞書に登録する順番に並べ替え、同時に文脈の直前の文字も文脈と一緒に並べ替える(ステップ703)。S='abaaabc'の例では、はじめに'aa'、次に'ab'というように文脈が並べ替えられ、直前の文字は図16に示すように並べ替えられる。このとき、同一の文脈が複数存在する場合には、入力文字列Sにおいて、より後ろにある文脈をより前に並べる。例えば、図16に示した文脈'ab'の例では、2番目の文脈'ab'は文字列Sの6番目の文字'c'の直後の文脈であり、3番目の文脈'ab'は文字列Sの3番目の文字'a'の直後の文脈である。

【0057】次に、S変換部22は、ステップ703で並べ替えられた文脈の直前の文字(直前文字列P)と、入力文字列Sの最初の2文字(文脈の長さと同じ)を初期文字列Iとして取得する(ステップ704、705)。S='abaaabc'の例では、図17に示すように、直前文字列Pとして'bcaaab'が、初期文字列Iとして'ab'が得られる。このように、S='abaaabc'という文字列は、直前文字列P='bcaaab'と、初期文字列I='ab'というデータに変換される。最後に、S変換部22は、S変換されたデータを出力し(ステップ706)、S変換に関する一

連の処理を終了する。

【0058】このように、本実施形態のテストパターン圧縮装置10Aでは、圧縮対象となるテストパターンデータが入力されたときに、入力データの全てに対してBW変換を行うのではなく、入力データに対してS変換を行うことによって見積もったBW変換後のデータの遷移回数が入力データの遷移回数よりも多くなる場合にはBW変換を行わずに、入力データに対して直接ランレングス符号化処理を行っている。したがって、比較的時間のかかるBW変換の回数を減らすことができ、テストパターン圧縮装置10A全体におけるデータ圧縮処理の高速化が可能になる。

【0059】ところで、単位長さLのデータに対するS変換の処理時間を T_s 、同じ長さLのデータに対するBW変換の処理速度を T_{bw} とする。入力データを単位長さLのN個のサブデータに分割して、分割された各サブデータに対してBW変換およびランレングス符号化を用いて圧縮処理を行うものとする。単にBW変換処理とランレングス符号化処理とを組み合わせた従来の圧縮方法では、 $N \times (T_{bw} + T_{rlc})$ の時間が必要であった。ここで、 T_{rlc} は、単位長さLのデータに対するランレングス符号化の処理時間を表す。これに対し、S変換を併用する本実施形態の圧縮手法では、

$$N \times T_s + (N - n) \times T_{bw} + N \times T_{rlc} \\ = N \times (T_s + T_{bw} + T_{rlc}) - n \times T_{bw}$$

の時間が必要である。ここでnは、BW変換の適用を中止した回数を示す。したがって、本実施形態のテストパターン圧縮装置10Aを用いることにより、

$$n \times T_{bw} - N \times T_s$$

の時間を削減することができる。通常、S変換はBW変換より数十倍から数百倍高速であるため、ほぼBW変換の適用を中止した分($n \times T_{bw}$)だけ処理時間を削減することが可能である。

【0060】BW変換とランレングス符号化のみを用いる従来の圧縮手法と、BW変換とランレングス符号化およびS変換を用いた本実施形態の圧縮手法の各処理時間の比較例を以下に示す。なお、実際の測定には、100ピンのCISCマイコン用の3つのテストパターンデータと、144ピンのディスクコントローラ用の2つのテストパターンデータと、144ピンのRISCマイコン用の3つのテストパターンデータの合計8つのテストパターンデータを用いた。

【0061】図18は、実際の集積回路試験で用いられるテストパターンデータを入力データとして、BW変換後のデータの遷移回数とS変換後のデータの遷移回数とを比較した結果を示す図である。同図に示すように、S変換後のデータの平均遷移回数は、並べ替えに用いる文脈長Lが長いほど小さくなって、文脈長Lが8の場合にはBW変換後のデータの平均遷移回数の約2.5倍に、文脈長Lが16の場合にはBW変換後のデータの平均遷

移回数の約 1.8 倍になる。S 変換後のデータの遷移回数から BW 変換後のデータの遷移回数を見積もる場合の定数 k は、これらの倍率に基づいて設定することができる。

【0062】図 19 は、実際の集積回路試験で用いられるテストパターンデータを入力データとして、BW 変換と S 変換のそれぞれの変換速度を比較した結果を示す図である。同図に示すように、S 変換の速度は、文脈の長さに応じて BW 変換のおよそ 10 倍（文脈長 L=16）から 100 倍（文脈長 L=8）、680 倍（文脈長 L=1）と非常に高速である。したがって、S 変換を用いて BW 変換後の遷移回数を予測する本実施形態のテストパターン圧縮方法によれば、従来の圧縮方法に比べて圧縮処理時間の大幅な短縮が期待できる。

【0063】図 20 は、本実施形態の圧縮方法の処理時間と、BW 変換とランレングス符号化を組み合わせた従来の圧縮方法の処理時間とを比較した結果を示す図である。同図において、K1、K2、K3 は CISC マイコン用の各テストパターンに、A1、A2 はディスクコントローラの各テストパターンに、S1、S2、S3 は RISC マイコンの各テストパターンにそれぞれ対応している。また、文脈長 L を 8 として S 変換を行った場合の本実施形態の測定結果には斜線を付して示してある。図 20 に示すように、S 変換を用いる本実施形態のテストパターン圧縮方法によれば、従来のテストパターン圧縮方法に比べて、平均で約 72% 処理時間を短縮することができる。

【0064】（第 3 の実施形態）上述した第 2 の実施形態のテストパターン圧縮装置 10A では、BW 変換後のデータの遷移回数を S 変換後のデータの遷移回数に基づいて予測したが、S 変換後のデータの遷移回数を測定する代わりに、入力データのエントロピーを計算し、この計算結果に基づいて BW 変換後のデータの遷移回数を予測するようにしてもよい。

【0065】図 21 は、本発明を適用した第 3 の実施形態のテストパターン圧縮装置の構成を示す図である。同図に示すように、本実施形態のテストパターン圧縮装置 10B は、BW 変換適用決定部 30、BW 変換部 12、比較部 13、データ選択部 14、ランレングス圧縮部 15 を含んで構成されている。このテストパターン圧縮装置 10B は、図 1 に示した BW 変換適用決定部 10 を BW 変換適用決定部 30 に置き換えた構成を有している。BW 変換適用決定部 30 は、入力データのエントロピー計算を行い、その結果に基づいて BW 変換を行うか否かを決定しており、遷移回数測定部 31、エントロピー測定部 32、遷移回数予測部 33、比較部 34 を含んで構成されている。

【0066】遷移回数測定部 31 は、入力データの遷移回数 $\phi_{1,n}$ を測定する。エントロピー測定部 32 は、入力データのエントロピー H を測定する。エントロピー H

は、入力データ中に現れる各記号の出現確率 p_i ($i = 1, \dots, N$) (N は入力データ中に出現する記号の種類数) を測定することにより、

【0067】

【数 1】

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i$$

【0068】によって計算される。

【0069】遷移回数予測部 33 は、エントロピー測定部 32 によって計算されたエントロピー H に基づいて、BW 変換後の遷移回数の予測値 ϕ_n を計算する。上述したエントロピー H は、入力データ中で各記号が出現する確率を全記号について平均化したものに負号をつけたものである。したがって、エントロピー H の値が小さいということは、入力データ中に同じ記号が多く含まれているということであり、この入力データを BW 変換することによって遷移回数が少ないデータが得られる。反対に、エントロピー H の値が大きいということは、入力データ中に同じ記号があまり多くは含まれていないということであり、この入力データを BW 変換することによって遷移回数が多いデータが得られる。このようにエントロピー H と BW 変換後のデータの遷移回数との間には相関があり、所定の予測関数 $F(H)$ を用いることにより、BW 変換後のデータの遷移回数の予測値 $t (= F(H))$ を計算することができる。なお、予測関数 F は、エントロピーと遷移回数の統計的解析から得ることができる。

【0070】比較部 34 は、遷移回数測定部 31 によって測定された入力データの遷移回数 $\phi_{1,n}$ と、遷移回数予測部 33 によって得られた BW 変換後のデータの遷移回数の予測値 ϕ_n を比較し、この比較結果に基づいてフラグ f1 に 1 あるいは 0 をセットする。 $\phi_{1,n} > \phi_n$ の場合にはフラグ f1 に 1 がセットされ、 $\phi_{1,n} \leq \phi_n$ の場合にはフラグ f1 に 0 がセットされる。

【0071】なお、BW 変換適用決定部 30 以外の各構成部は、対応する第 1 の実施形態の各構成と基本的に同じ動作を行っている。すなわち、BW 変換部 12 は、BW 変換適用決定部 30 によってフラグ f1 が 1 にセットされたときに、入力データに対して BW 変換を行うとともに、この BW 変換後のデータの遷移回数 ϕ_n を測定する。また、比較部 13 は、入力データの遷移回数 $\phi_{1,n}$ と BW 変換後のデータの遷移回数 ϕ_n とを比較し、データ選択部 14 は、この比較結果に基づいて入力データと BW 変換後のデータのいずれかを選択的に出力する。そして、ランレングス圧縮部 15 は、データ選択部 14 から出力されたデータに対してランレングス符号化を行ってデータを圧縮する。

【0072】上述した BW 変換部 12 が第 1 の並べ替え手段に、データ選択部 14 がデータ選択手段に、BW 変

換適用決定部30が並べ替え動作適用判定手段に、エントロピー測定部32がエントロピー測定手段に、遷移回数予測部33が第2の遷移回数予測手段にそれぞれ対応する。

【0073】次に、本実施形態のテストパターン圧縮装置10Bを用いてテストパターンの圧縮を行う場合の動作を説明する。テストパターン圧縮装置10Bは、所定のサイズLのデータを一つの入力単位として各種の処理を行っており、より大きなデータについては、あらかじめサイズLの複数のサブデータに分割され、この分割された各サブデータがテストパターン圧縮装置10Bに入力される。

【0074】図22は、本実施形態のテストパターン圧縮装置10Bにおいて行われるテストパターンの圧縮動作の動作手順を示す流れ図である。まず、遷移回数測定部31は、入力されたテストパターンデータの遷移回数 m を測定してその値を ϕ_{1n} にセットする(ステップ801)。また、エントロピー測定部32は、エントロピー h を測定し、その値を H にセットする(ステップ802)。

【0075】次に、遷移回数予測部33は、エントロピー測定部32によって計算されたエントロピー H に基づいて、BW変換後のデータの遷移回数の予測値 t ($t = F(H)$)を計算し、その値を ϕ_{2n} にセットする(ステップ803)。次に、比較部34は、入力データの遷移回数 ϕ_{1n} と、遷移回数予測部33によって予測された遷移回数 ϕ_{2n} とを比較し、比較結果に基づいてフラグ $f1$ をセットする(ステップ804)。具体的には、比較部34は、 $\phi_{1n} \leq 1$ または $\phi_{1n} \leq \phi_{2n}$ の場合にフラグ $f1$ に0を、 $\phi_{1n} > \phi_{2n}$ の場合にフラグ $f1$ に1をセットする。

【0076】次に、BW変換部12は、上述したフラグ $f1$ が1にセットされているか否かを判定し(ステップ805)、フラグ $f1$ が1の場合には入力データに対してBW変換処理を行った後に(ステップ806)、BW変換されたデータの遷移回数 n を測定してその値を ϕ_{3n} にセットする(ステップ807)。一方、フラグ $f1$ が0の場合には、BW変換部12は、 ϕ_{3n} に遷移回数の上限値である入力データサイズ L をセットする(ステップ808)。

【0077】次に、比較部13は、 ϕ_{1n} と ϕ_{3n} の値を比較し、比較結果に基づいてフラグ $f2$ をセットする(ステップ809)。具体的には、比較部13は、 $\phi_{1n} \leq \phi_{3n}$ の場合にフラグ $f2$ に0を、 $\phi_{1n} > \phi_{3n}$ の場合にフラグ $f2$ に1をセットする。次に、データ選択部14は、フラグ $f2$ が1であるか否かを判定し(ステップ810)、フラグ $f2$ が1の場合にはBW変換されたデータを選択し(ステップ811)、フラグ $f2$ が0の場合には入力データを選択する(ステップ812)。

【0078】次に、ランレングス圧縮部15は、データ

選択部14によって選択されたデータに対して、ランレングス符号化を用いた圧縮処理を行って(ステップ813)、圧縮データを出力し(ステップ814)、一連のデータ圧縮処理が終了する。なお、圧縮されたデータを元のテストパターンデータに伸張するために、ランレングス圧縮部15から出力される圧縮データには、ランレングス符号化された圧縮データがBW変換されたものであるか否かを示すフラグ $f2$ が付加されている。

【0079】このようにして本実施形態のテストパターン圧縮装置10Bによって圧縮されたデータは、第1の実施形態のテストパターン圧縮装置10等から出力される圧縮データと同様に、圧縮データに付加されたフラグ $f2$ が1の場合には、ランレングス復号化した後BW逆変換を行うことによって完全に元のテストパターンデータに伸張でき、フラグ $f2$ が0の場合には、ランレングス復号化のみを行うことによって完全に元のテストパターンデータに伸張することができる。

【0080】このように、本実施形態のテストパターン圧縮装置10Bでは、圧縮対象となるテストパターンデータが入力されたときに、入力データの全てに対してBW変換を行うのではなく、入力データのエントロピー H を計算することによって予測したBW変換後のデータの遷移回数が入力データの遷移回数よりも多くなる場合にはBW変換を行わずに、入力データに対して直接ランレングス符号化処理を行っている。したがって、比較的時間のかかるBW変換の回数を減らすことができ、テストパターン圧縮装置10B全体におけるデータ圧縮処理の高速化が可能になる。

【0081】なお、上述した各実施形態では、集積回路用のテストパターンデータの圧縮を行う場合を説明したが、他の用途に用いられるデータを圧縮する場合にも本発明を適用することができる。

【0082】

【発明の効果】上述したように、本発明によれば、入力データに含まれる同一あるいは類似の文脈の記号を寄せ集める並べ替え処理を行ったときにデータの遷移回数が減少するか否かを、実際に並べ替え処理を行うことなくあらかじめ判定し、減少しないと判断した場合にこの並べ替え処理を中止することにより、この並べ替え処理の対象となる入力データの数を減らすことができ、データ圧縮処理の高速化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態のテストパターン圧縮装置の構成を示す図である。

【図2】図1に示すテストパターン圧縮装置において行われるテストパターンの圧縮動作の動作手順を示す流れ図である。

【図3】BW変換部において行われるBW変換処理の動作手順を示す流れ図である。

【図4】BW変換の具体例を示す図である。

【図 5】BW変換の具体例を示す図である。
 【図 6】BW変換の具体例を示す図である。
 【図 7】ランレングス圧縮部において行われるランレングス符号化処理の動作手順を示す流れ図である。
 【図 8】ランレングス復号化処理の動作手順を示す流れ図である。
 【図 9】逆BW変換処理の動作手順を示す流れ図である。
 【図 10】逆BW変換の具体例を示す図である。
 【図 11】逆BW変換の具体例を示す図である。
 【図 12】第2の実施形態のテストパターン圧縮装置の構成を示す図である。
 【図 13】図 12に示すテストパターン圧縮装置において行われるテストパターンの圧縮動作の動作手順を示す流れ図である。
 【図 14】S変換部において行われるS変換処理の動作手順を示す流れ図である。
 【図 15】S変換の具体例を示す図である。
 【図 16】S変換の具体例を示す図である。
 【図 17】S変換の具体例を示す図である。
 【図 18】BW変換後のデータの遷移回数とS変換後のデータの遷移回数とを比較した結果を示す図である。 *

* 【図 19】BW変換とS変換のそれぞれの変換速度を比較した結果を示す図である。

【図 20】第2の実施形態の圧縮方法の処理時間とBW変換とランレングス符号化を組み合わせた従来の圧縮方法の処理時間とを比較した結果を示す図である。

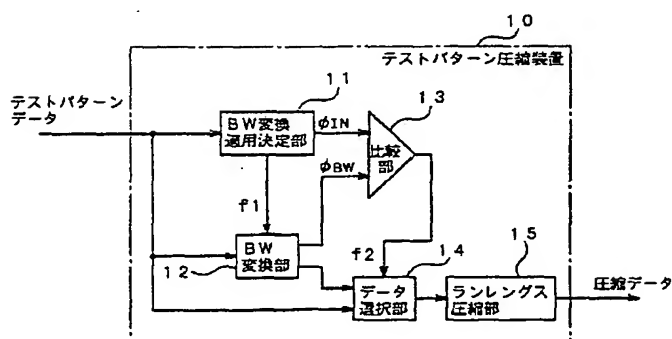
【図 21】第3の実施形態のテストパターン圧縮装置の構成を示す図である。

【図 22】図 21に示すテストパターン圧縮装置において行われるテストパターンの圧縮動作の動作手順を示す流れ図である。

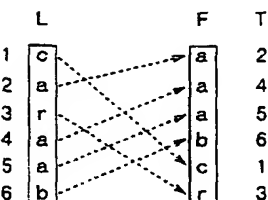
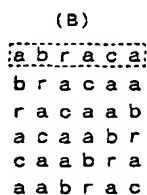
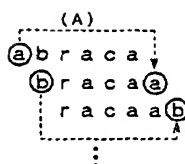
【符号の説明】

- 10、10A、10B テストパターン圧縮装置
- 11、20、30 BW変換適用決定部
- 12 BW変換部
- 13、24、34 比較部
- 14 データ選択部
- 15 ランレングス圧縮部
- 21、31 遷移回数測定部
- 22 S変換部
- 23 遷移回数計算部
- 32 エントロピー測定部
- 33 遷移回数予測部

【図 1】

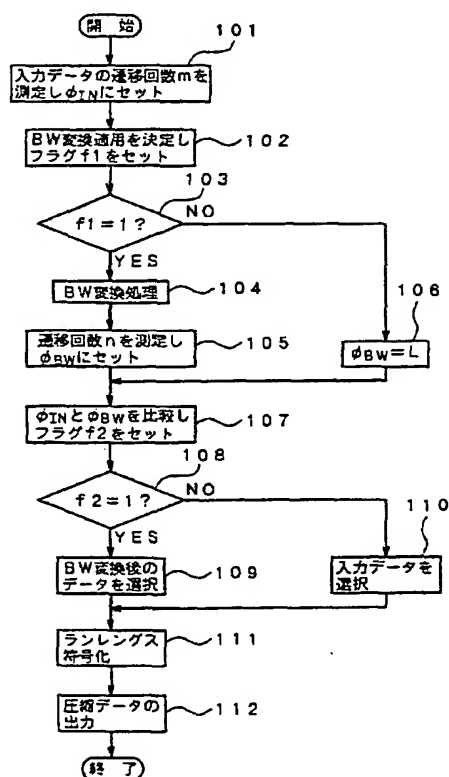


【図 4】

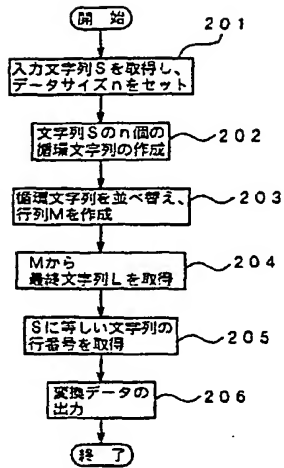


【図 10】

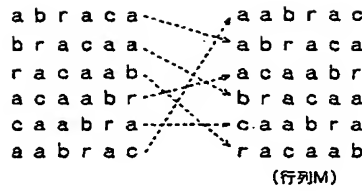
【図 2】



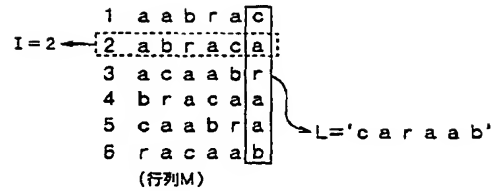
【図3】



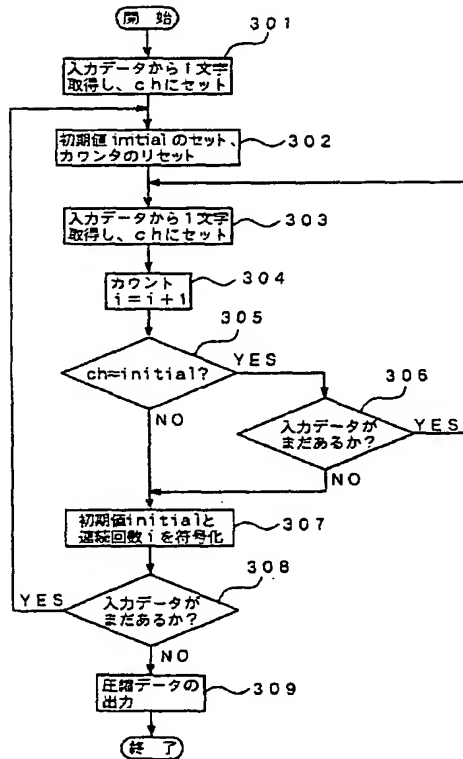
【図5】



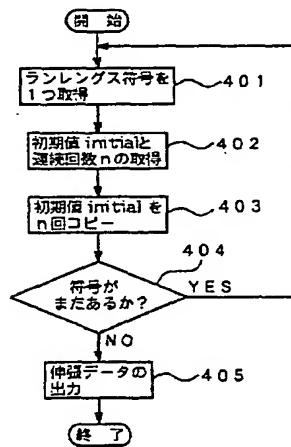
【図6】



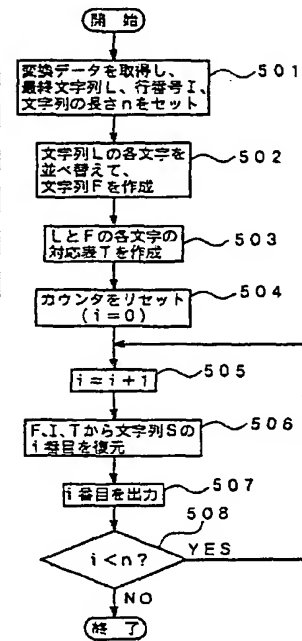
【図7】



【図8】



【図9】



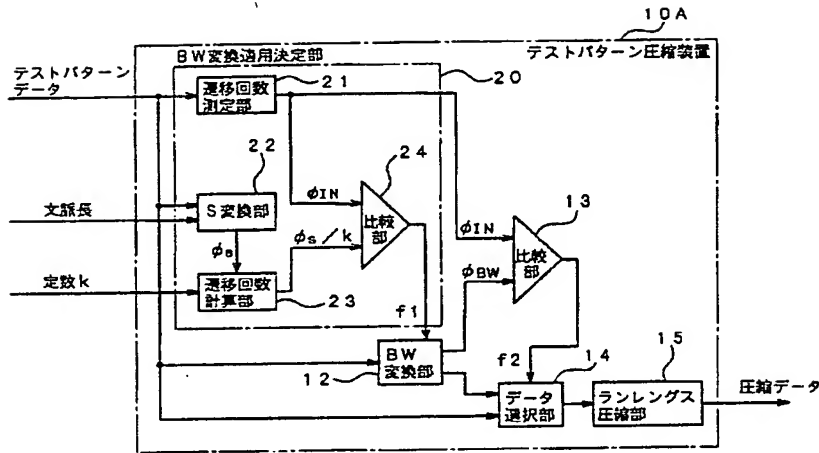
【図11】

i	$T^{i-1}[i]$	$S[i] = F[T^{i-1}[I]]$
1	2	a
2	4	b
3	6	r
4	3	a
5	5	c
6	1	a

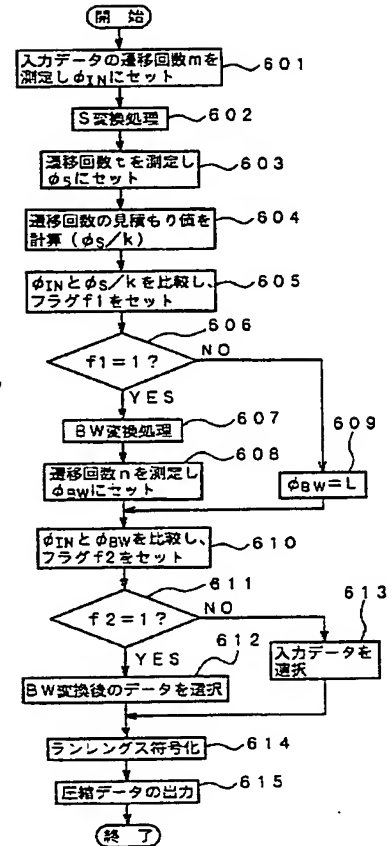
【図15】

a : b a
b : a a
a : a b
a : b c
b : c a
c : a b
文字 文脈

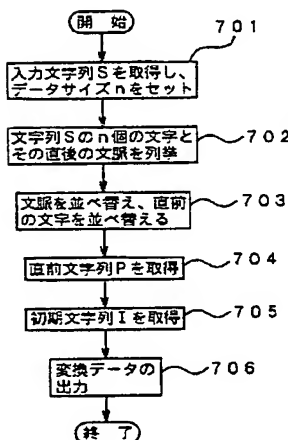
【図12】



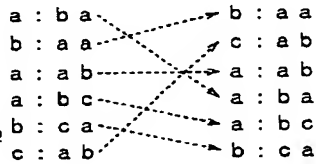
【図13】



【図14】



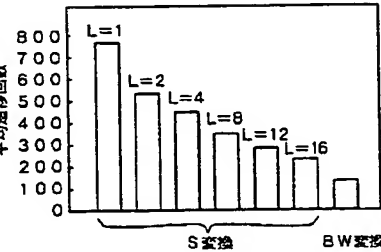
【図16】



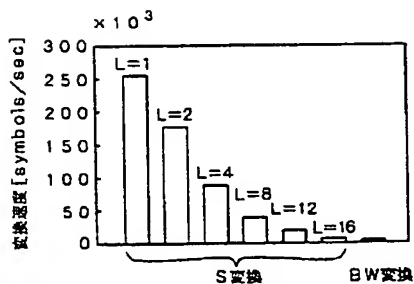
【図17】

$S = 'a b a a b c'$
 $I = 'a b'$
 $P = 'b c a a a b'$

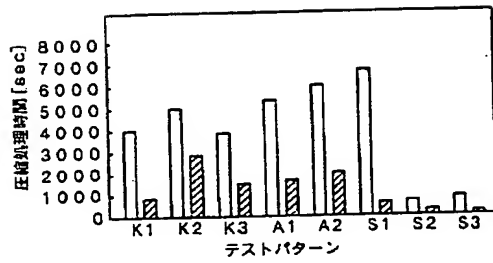
【図18】



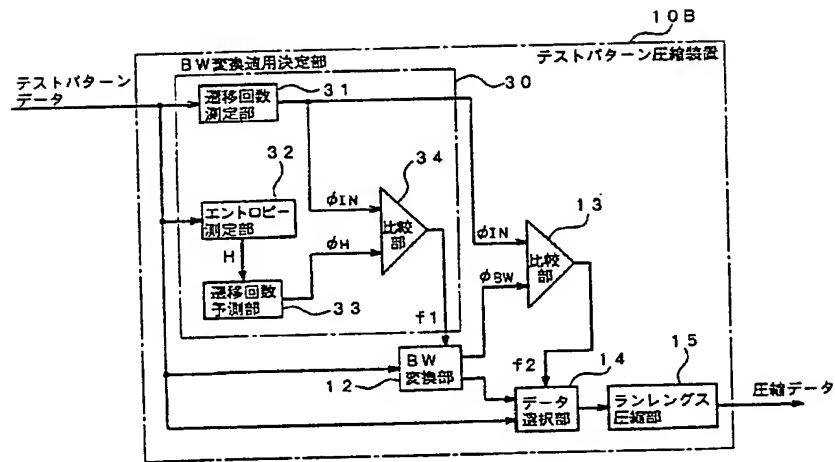
【図19】



〔図20〕



〔図21〕



【図22】

